



# Oscilloscope analogique vs oscilloscope numérique

Connaître le principe de fonctionnement d'un oscilloscope analogique

Savoir utiliser un oscilloscope analogique ou numérique

Régler l'oscilloscope

Régler les sondes d'oscilloscope

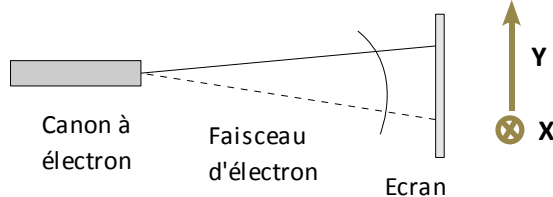
Connaître les particularités d'un oscilloscope numérique afin de l'utiliser correctement

## 1. présentation générale d'un oscilloscope analogique

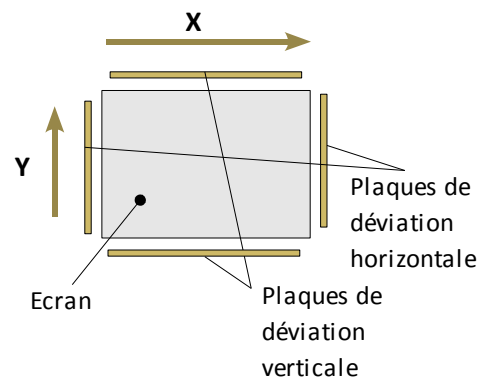
### 1.1. Rappel sur la constitution

Très schématiquement, un oscilloscope est composé d'un canon à électron et de 4 plaques de déviations:

**vue de côté:**



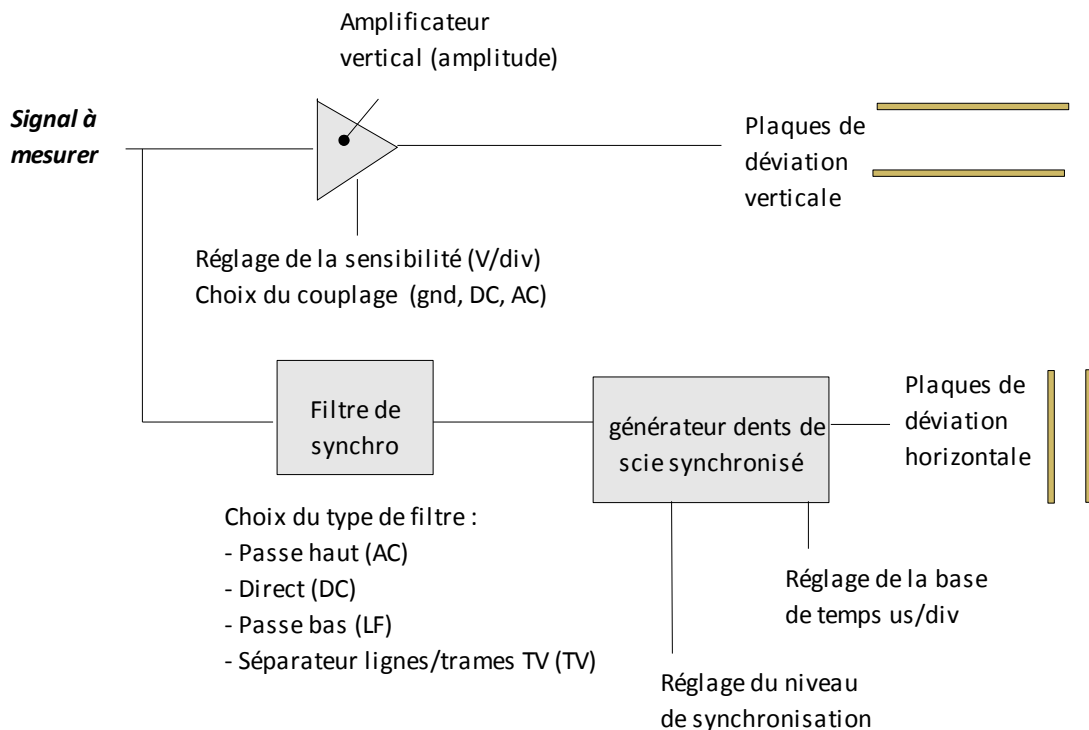
**Vue de face :**



**Les plaques de déviation verticale :** permettent de faire bouger le faisceau d'électrons suivant l'axe vertical Y . La tension appliquée sur ces plaques est à l'image de la tension à mesurer.

**Les plaques de déviation horizontale :** permettent de faire bouger le faisceau d'électrons suivant l'axe horizontal X . La tension appliquée sur ces plaques a une forme en dents de scie.

## 1.2. Schéma fonctionnel d'un oscilloscope analogique



**L'amplificateur vertical :** il adapte la tension appliquée aux plaques de déviation verticale en fonction du niveau d'entrée (signal à mesurer). Son réglage donne la **sensibilité verticale** (V/Div). En choisissant le mode **DC**, l'ensemble de la tension est appliquée aux plaques. En mode **AC**, seule la partie purement alternative du signal à mesurer est transmise aux plaques (rendu possible par un condensateur en série).

**Le générateur de dents de scie synchronisé :** Il produit une tension en dents de scie destinée aux plaques de déviation horizontale. Celle-ci doit être synchronisée avec le signal à mesurer. Ainsi, il doit disposer en entrée du signal à mesurer, ou d'une image fidèle de celui-ci. La période du signal dents de scie est réglable par l'utilisateur ( $\mu\text{s} / \text{div}$ ). Par ailleurs, comme nous allons le voir plus en détail dans la partie suivante, le générateur de dents de scie a besoin de connaître le **niveau de synchronisation**. Ce dernier est réglable.

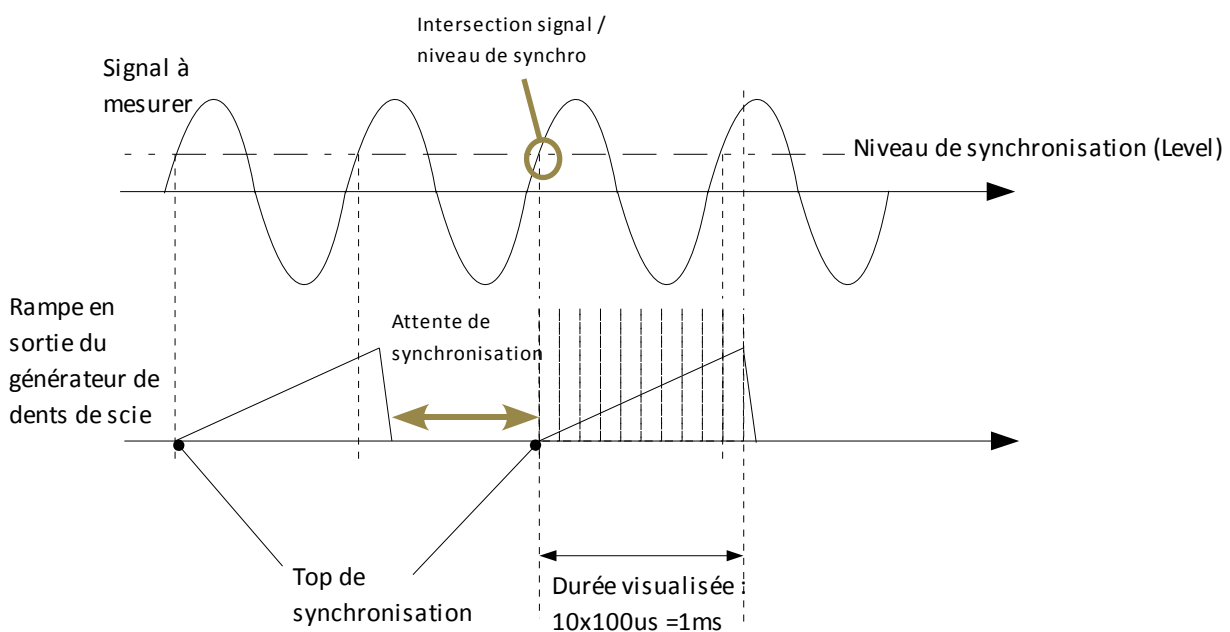
**Le filtre de synchronisation:** Il permet, à partir du signal à mesurer, de fournir un signal **propre** à l'entrée du générateur de dent de scie. En effet, dans certains cas, le signal peut être bruité, et ne permet pas au générateur de dents de scie une bonne synchronisation. Un filtrage adéquat permet alors une synchronisation nette.

## 2. La synchronisation d'un oscilloscope (analogique ou numérique)

### 2.1. Principe de la synchronisation

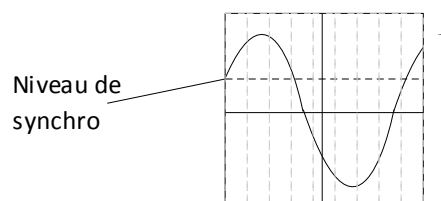
Pour obtenir une trace stable à l'écran, la rampe (dent de scie) doit débuter toujours en **synchronisme** avec le signal à mesurer. Pour cela, le générateur de dents de scie va attendre le même niveau de tension du signal d'entrée (**level**) pour relancer une nouvelle rampe :

**Exemple** : signal sinusoïdal de période 900us. L'oscilloscope est calibré sur 100us/div.



Dans la figure ci-dessus, la rampe attend l'intersection entre le signal et le niveau de synchronisation pour démarrer.

**Image stable vue à l'écran :**



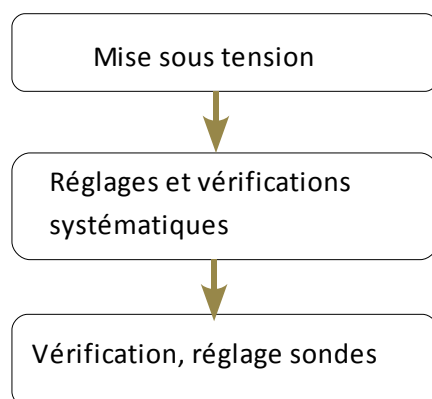
## 2.2. Le filtre de synchronisation

Comme on l'a vu lors de la présentation du schéma fonctionnel, le signal à mesurer traverse le filtre de synchronisation avant d'attaquer la génération de dents de scie. Il existe sur tout oscilloscope (analogique ou numérique) un moyen de choisir (commutateur ou menu) le bon type de filtrage pour une bonne synchronisation :

- **position DC** : La liaison est directe
- **position AC** : le filtre est de type passe haut, la composante continue est supprimée.
- **position LF (Low Frequency)** : le filtre est de type passe-bas. Ceci peut être intéressant quand on observe un signal de basse fréquence bruité (parasites HF éliminés)
- **position TV** : utilisé quand on observe un signal vidéo. Le filtre a pour rôle d'extraire les tops lignes et tops trame. Ce sont ces impulsions qui vont permettre la synchronisation.
- **position ~** : la synchronisation se fait sur la tension secteur (230 V/50Hz). Surtout utilisé en électrotechnique (analyse de tension réseau EDF)

## 3. Utiliser un oscilloscope comme un pro...

Pour utiliser efficacement un oscilloscope, il convient de suivre une procédure systématique. Pour cette raison, on choisit une description sous forme d'organigramme :



### Réglage et vérifications systématiques

**NB:** sur les oscilloscopes numériques, vérifier que le mode d'acquisition soit sur « Normal ». (Il peut être sur « moyenne », ce qui est à proscrire lors de la préparation de l'appareil)

#### **Menu vertical, pour les deux canaux :**

- Position DC
- Centrer les traces
- Si l'oscilloscope le permet, adapter l'amplificateur à la sonde (x1 ou x10)



#### **Menu synchronisation (trigger)**

- Position DC (la synchro est directe)
- Mode automatique (la rampe démarre même si la synchro n'est pas correcte)
- Choix de la voie de synchro (1, 2 ou ext)
- Déclenchement sur front

### Vérification sonde

#### **Connexions**

- Connecter la (les) sonde(s) à l'oscilloscope
- Relier la sonde au point d'auto-test présent sur l'oscilloscope
- Prendre l'information amplitude et fréquence du signal test (écrit sur l'appareil)



#### **Affinage des réglages**

- Régler le calibre vertical
- Régler le calibre horizontal
- Régler le niveau de synchronisation pour figer la trace (choisir la bonne voie de synchro dans le menu trigger !)



#### **Réglage sonde**

- Vérifier que la trace est correcte (amplitude, fréquence)
- Vérifier l'allure du signal carré, au niveau du front : Si le front et le palier haut ne sont pas perpendiculaires, régler la sonde

A l'issue de ces réglages, l'oscilloscope est parfaitement réglé, on peut procéder aux mesures.

**NB:** Oublier définitivement la touche « auto-scale ». Son utilisation par un débutant est le meilleur moyen de ne jamais savoir utiliser un oscilloscope !

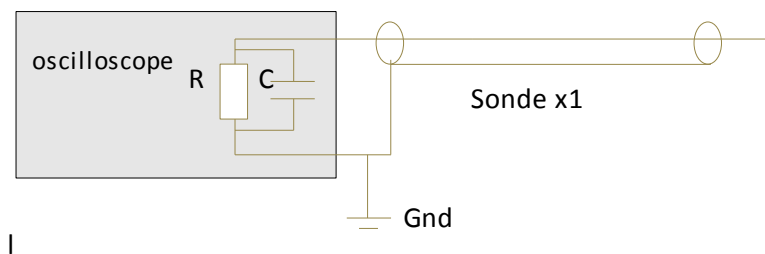
#### 4. Utilisation d'une sonde pour oscilloscope

La liaison d'un oscilloscope avec un circuit peut se faire à l'aide de 2 fils classiques (fiches bananes). L'inconvénient de ceci est la faible protection vis à vis des bruits et perturbations.

Pour contourner le problème, on utilise une **sonde**. Elle a l'avantage d'être blindée de bout en bout, donc efficace pour les mesures de faibles niveau.

##### 4.1. La sonde x1

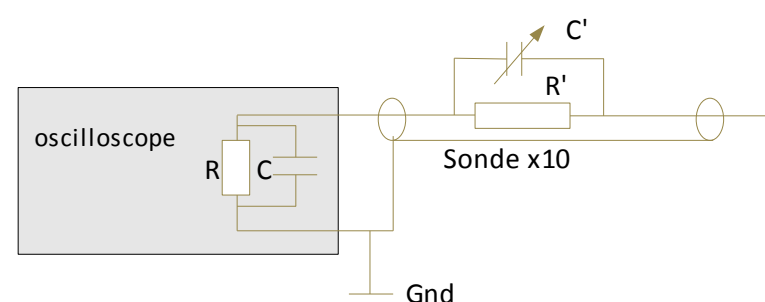
C'est un simple câble blindé muni d'un pointe ou d'un grip-fil à son extrémité. Une sonde « ramène » l'impédance d'entrée de l'oscilloscope sur le circuit :



La sonde peut donc, sur des montages sensibles (oscillateur par exemple), perturber le circuit (mesure intrusive), voire l'empêcher de fonctionner. R est souvent de l'ordre de  $1\text{M}\Omega$  et C de l'ordre de 20pf à 30pf.

##### 4.2. La sonde x10

Afin de contourner le problème, on utilise une sonde x10 : elle multiplie l'impédance ramenée sur le circuit par 10 (pour la résistance) et divise d'autant la capacité. On parvient à ceci en ajoutant le circuit suivant:



Habituellement,  $R'$  vaut  $10\text{M}\Omega$  et  $C'$  varie aux alentours de 3 pf.

On arrive ainsi à augmenter l'impédance ramenée au circuit.

Il reste qu'il faut ajuster  $C'$  de manière à rendre la sonde neutre du point de vue spectral. On fait cela en utilisant un signal « étalon » de forme carrée issu de l'oscilloscope : C'est le signal que nous avons appelé « point d'auto-test ».

Le réglage de  $C'$  consiste à égaliser les deux constantes de temps du circuit : lorsque  $RC = R'C'$ , l'ensemble {sonde + oscilloscope} est fréquentiellement neutre. La fonction de transfert alors obtenue entre le signal

en entrée de la sonde et celui qui arrive en entrée de l'oscilloscope est constante quelle que soit la fréquence.

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{R}{R+R'} = \frac{1}{10} .$$

La condition de neutralité de la sonde est validée par l'observation du signal créneau « d'auto test ». Si l'image d'un signal créneau est un signal créneau, alors la sonde est fréquemment neutre.

**NB:** La sonde x10 présente l'inconvénient de diviser la tension par 10 (transparent sur un oscilloscope numérique), mais l'avantage énorme d'étendre au maximum la bande passante de l'appareil.

## 5. Particularités d'un oscilloscope numérique

### 5.1. L'oscilloscope numérique : on ne peut pas lui faire confiance !

Un oscilloscope analogique est un appareil fidèle : Il affiche avec une certaine précision, finesse, le signal à mesurer sous réserve que la bande passante de l'appareil soit suffisante.

Un oscilloscope numérique, quant à lui, est basé sur l'échantillonnage du signal à mesurer. Dans une grande majorité des cas, ces appareils sont dépourvus de filtre anti-repliement. Autrement dit : c'est à l'utilisateur de maîtriser parfaitement ce qu'il fait. Il doit s'assurer que la fréquence d'échantillonnage de l'oscilloscope (directement fonction de la base de temps horizontale) est compatible avec le signal à mesurer. Ce dernier doit satisfaire le critère de Shannon. Il faut donc vérifier que la fréquence maximale du signal à mesurer soit inférieure à la moitié de la fréquence d'échantillonnage. Souvent, cette fréquence d'échantillonnage est indiquée dans un coin de l'écran, en Sa/s (Sample per second). Elle change avec le calibre horizontal.

**Il faut donc être vigilant et se méfier de ce qu'affiche un oscilloscope numérique : ne pas se faire piéger par un phénomène de sous-échantillonnage (= rempliement de spectre).**

Concrètement, le phénomène de sous échantillonnage va se traduire par une erreur de perception du signal. On croit observer à l'écran un signal de basse fréquence (quelques centaines de Hertz), alors qu'en réalité, ce même signal pourra être à une fréquence beaucoup plus élevée (de l'ordre de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de kiloHertz, voire du mégaHertz). Le phénomène de sous échantillonnage auquel nous sommes confrontés en électronique est semblable à l'effet stroboscopique. En cas de doute, il est prudent de diminuer la base de temps de l'oscilloscope, jusqu'à observer l'allure réelle du signal.

## 5.2. Ce que permet un oscilloscope numérique

Les possibilités offertes par un oscilloscope numérique (non exhaustives) :

- Mesurer et figer à l'écran un phénomène transitoire
- Opérer des opérations mathématiques plus ou moins complexes (moyennage, mesure automatique de fréquences, d'amplitude, FFT...)

L'ergonomie d'un oscilloscope numérique :

- Miniaturisation : plus d'écran cathodique, le canon à électrons et l'écran phosphorescent sont remplacés par un écran LCD. Les plaques de déviations sont devenues un adressage matriciel XY.
- Fonctionnalités accessibles par un jeu réduit de boutons et menus déroulants.

**NB:** On retrouvera sur un oscilloscope numérique les **trois zones essentielles** de son homologue analogique qui sont : **le menu vertical** (la sensibilité, AC, DC...) , **le menu horizontal** (la base de temps), **le menu trigger** (synchronisation, choix des filtres de synchronisation, niveau de synchro...)